

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung und Methodik	5
3	Strukturprofil Ruhrgebiet	11
3.1	Allgemeines	11
3.2	Flächennutzung	13
3.3	Aktive und ehemalige Bergbauaktivitäten im Ruhrgebiet	17
4	Geologie und Hydrogeologie des Ruhrreviers	19
4.1	Geologie des Ruhrreviers	20
4.1.1	Stratigrafie	20
4.1.2	Tektonik	26
4.2	Hydrogeologie des Ruhrreviers	30
4.2.1	Begriffsdefinitionen - Grubenwasser und Grundwasser	30
4.2.2	Hydrogeologische Grundbegriffe	31
4.3	Wässer im Ruhrrevier	32
4.3.1	Wässer im Deckgebirge - Grundwasser	33
4.3.2	Wässer im Steinkohlengebirge - Grubenwasser	34
4.3.3	Bergmännische Wasserwirtschaft	37
4.3.4	Trinkwasser	40
4.4	Gesetzliche Rahmenbedingungen	42

5	Konkrete Auswirkungen des Grubenwasseranstiegs	45
5.1	Hebungen der Tagesoberfläche	47
5.1.1	Bodenhebungen - Stand der Forschung	47
5.1.1.1	Ursachen von Hebungen	48
5.1.1.2	Prognoseverfahren und Hebungsmaße	49
5.1.1.3	Zeitfaktor	53
5.1.1.4	Auswirkungen auf die Tagesoberfläche	54
5.1.2	Hebungen in verschiedenen Bergbaurevieren	57
5.1.2.1	Südlimburger Revier	57
5.1.2.2	Erkelenzer / Wassenberg Revier	62
5.1.2.3	Ibbenbürener Revier	68
5.1.2.4	Hebungen im Ruhrrevier	70
5.2	Grubengas	71
5.2.1	Entstehung und Migration von Grubengas	71
5.2.2	Wirkung von Grubenwasser auf das Gasgefüge	76
5.2.3	Interaktion von Grubengas mit der Umwelt	77
5.2.3.1	Wasser und Grundwasser	77
5.2.3.2	Luft	80
5.2.3.3	Boden	83
5.2.3.4	Bebauung	84
5.3	Schächte	86
5.3.1	Rechtliche Grundlagen	86
5.3.2	Schachtklassifizierung	87
5.3.3	Sicherung und Verwahrung	88
5.3.4	Wechselwirkungen zwischen Grubenwasser und Schachtsäulen	93
5.3.5	Beeinflussung von Schachtsäulen durch Gruben- wasser	101
5.4	Tages- und oberflächennaher Altbergbau	102
5.4.1	Entstehung von Tagesbrüchen und Senkungen	102
5.4.2	Einflussparameter	107
5.4.3	Wirkung von Grubenwasser	107
5.4.4	Risikobewertung	109

6	Quantifizierung auswirkungsspezifischer Kosten	113
6.1	Kostenbegriff	115
6.2	Entscheidungsvariable Grubenwasserniveau W	117
6.3	Grubenwasserhaltungskosten	117
6.3.1	Intervallbezogene Grubenwasserhaltungskosten	119
6.3.1.1	Variable Grubenwasserhaltungskosten	120
6.3.1.2	Sprungfixe Grubenwasserhaltungskosten	122
6.3.1.3	Gesamtfunktion der Grubenwasserhaltungskosten	127
6.3.2	Grubenwasserhaltungskosten als dauerhafte Kosten	130
6.3.3	Grubenwasserhaltungskosten während des Grubenwasseranstiegs	131
6.4	Hebungen der Tagesoberfläche	135
6.4.1	Hebungsbedingte Bergschäden einer Störung	136
6.4.1.1	Grundmodell der Hebungskosten einer Störung	137
6.4.1.2	Anteil der von Bergschäden betroffenen Objekte s	141
6.4.1.3	Modellerweiterungen der Hebungskosten einer Störung	144
6.4.1.4	Gesamtmodell der Hebungskosten einer Störung	149
6.4.1.5	Hebungskosten bei Unsicherheit	149
6.4.2	Hebungsbedingte Bergschäden einer Wasserhaltung	150
6.4.2.1	Kostenberechnung durch Summation störungsspezifischer Kosten	151
6.4.2.2	Allgemeine Kostenberechnung bei Unsicherheit	152
6.4.3	Hebungsbedingte Bergschäden bei Betrachtung mehrerer Wasserhaltungen	154
6.4.3.1	Kostenberechnung durch Summation störungsspezifischer Kosten	155

6.4.3.2	Allgemeine Kostenberechnung bei Un- sicherheit	156
6.4.4	Diskontierung der Hebungskosten	179
6.5	Grubengas	180
6.5.1	Kosten an bekannten Ausgasungsstellen	181
6.5.1.1	Gebiets- und objektspezifische Kosten	183
6.5.1.2	Diskontierung der Kosten	185
6.5.2	Kosten an neuen Ausgasungsstellen	186
6.5.2.1	Gebiets- und objektspezifische Kosten	188
6.5.2.2	Diskontierung der Kosten	190
6.5.3	Kosten in Abhängigkeit von der Ausgasungsdauer	190
6.5.3.1	Maximale Ausgasungsdauer $T_{Amax}(W)$	191
6.5.3.2	Intervallbezogene Kosten K_{GA, t_A}	192
6.5.3.3	Diskontierung der Kosten	193
6.5.4	Gesamtkostenfunktion Grubengas $K_G(W)$	194
6.6	Schächte	194
6.7	Tages- und oberflächennaher Altbergbau	196
6.8	Dynamische Diskontierung der Teilkostenfunktionen	198
7	Grubenwasserniveaubezogene Kostenoptimierung	201
7.1	Anwendbare Optimierungsmethoden	202
7.2	Approximations- und Regressionsanalyse	205
7.3	Gesamtkostenfunktion	209
7.4	Nebenbedingungen	209
7.4.1	Generelle Rahmenbedingungen	209
7.4.2	Grundwasser	210
7.4.3	Schutzbereiche und Nutzung der Grubenbaue	210
7.4.4	Multiple Wasserhaltungszonen	211
7.5	Univariate Optimierung	212
7.6	Multivariate Optimierung	213
7.7	Genauigkeit und Anwendung	215
8	Zusammenfassung	217

Quellen- und Literaturverzeichnis	227
Abbildungsverzeichnis	249
Tabellenverzeichnis	251
Symbolverzeichnis	255